

HYPHOMYCETES CELULOLITICOS EN SUELOS DE BOSQUES DE *NOTHOFAGUS*, TIERRA DEL FUEGO

CELLULOLYTIC HYPHOMYCETES ON SOIL OF NOTHOFAGUS FORESTS IN TIERRA DEL FUEGO

A. E. Martínez, V. M. Chiochio & A. M. Godeas

RESUMEN

Se estudiaron los hongos celulolíticos asociados a suelos de tres bosques prístinos de *Nothofagus* (*N. pumilio* (Poepp. et Endl.) Krasser, *N. antarctica* (Forst.) Oerst. y *N. betuloides* (Mirb.) Oerst.) de Tierra del Fuego, determinando la eficiencia celulolítica para cada suelo y taxa usando como fuente de carbono Na CMC (carboximetilcelulosa sódica).

Las comunidades fúngicas de celulolíticos se ordenaron usando Análisis de Componentes Principales (PCA). Los dos primeros componentes explicaron el 77.23 % de la varianza entre los bosques, de acuerdo con las frecuencias de las especies fúngicas aisladas. El primer componente estuvo asociado con diferencias en la calidad del recurso (gramíneas en *N. antarctica* vs madera en *N. pumilio* y *N. betuloides*) en la superficie del suelo. El segundo componente estuvo asociado con la cantidad de hojarasca sobre la superficie.

Se estudió el efecto del disturbio en las comunidades fúngicas de celulolíticos de dos bosques de *N. pumilio* usando PCA. Los dos primeros componentes explican 75.59% de la variación entre los bosques relacionado con la frecuencia de las especies fúngicas y asociado con diferencias en la cantidad de hojarasca sobre el suelo.

PALABRAS CLAVES: microhongos celulolíticos, *Nothofagus*, bosques.

ABSTRACT

Cellulolytic fungi associated with soils of three different pristine forests of *Nothofagus* (*N. pumilio* (Poepp. et Endl.) Krasser, *N. antarctica* (Forst.) Oerst. and *N. betuloides* (Mirb.) Oerst.) in Tierra del Fuego were studied. Cellulolytic efficiency for each soil and species was determined using Na CMC (carboxymethyl cellulose sodium salt) as carbon supplies.

Using Principal Component Analysis (PCA) the first two components explained 77.23 % of variance among places related to fungal species. The first component was associated with differences in the quality of cellulolytic resources (grasses in *N. antarctica* forest vs wood in *N. pumilio* and *N. betuloides*) on soil surface. The second component was associated with differences in the quantity of litter on soil surface.

The effect of disturbance in the community cellulolytic microfungi of *N. pumilio* forest was studied using PCA. The first two components explain 75.59% of variance among places related to fungal species and was associated with differences in the amount of litter on the floor.

KEYWORDS: cellulolytic hyphomycetes, *Nothofagus*, forest.

INTRODUCCION

Los estudios de los microorganismos que usan celulosa como sustrato resultan interesantes dada la importancia que tiene este compuesto como constituyente de los restos vegetales que se incorporan al suelo. En la mayoría de los ambientes naturales, la celulosa está protegida físicamente de la descomposición y es la lignina el mayor obstáculo al ataque fúngico en los residuos vegetales.

Una evaluación de la diversidad microbiológica en

Departamento de Ciencias Biológicas, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, 4to piso, II Pabellón, Ciudad Universitaria, 1428, Buenos Aires, Argentina.
E-mail: martae@bg.fcen.uba.ar

el suelo no puede estar sólo basada en la cuantificación e identificación de los organismos involucrados sino que además es esencial investigar el rol funcional para definir la significancia de la biodiversidad (Kjoller *et al.* 2000). La actividad enzimática es esencial para la degradación de la materia orgánica y puede ser usada como un indicador de la funcionalidad del suelo o de los microorganismos del suelo.

Los organismos capaces de degradar celulosa, se encuentran distribuidos entre: los hongos filamentosos, las bacterias y las eubacterias (Dommerges & Mangenot 1970; Enari & Markkanen 1977) y constituyen un grupo funcional diverso e importante desde el punto de vista ecológico (Ohtonen *et al.* 1997). Estos organismos poseen enzimas hidrolíticas: endo beta-1,4 glucanasa, exo beta-1,4 glucanasa y beta 1,4 glucosidasa que son inducidas por la presencia de celulosa (Cooke & Whipps 1993; Nevalainen & Penttilä 1995).

La mayoría de los trabajos publicados en los que intervienen los organismos celulolíticos apuntan a la enzimología del proceso, así los trabajos de laboratorio (Siu 1951; Domsch & Gams 1969; Deacon 1979 y Flanagan 1981) en que se midió la habilidad de degradar celulosa siempre indican el estado en que se provee el sustrato, ya que muchas veces las modificaciones del sustrato hacen que sea utilizado de distinta forma. De cualquier manera estos datos pueden extrapolarse para entender lo que ocurre en los ambientes naturales. Falta aún conocimiento de las comunidades de hongos celulolíticos ya que los estudios realizados siempre están asociados con problemas de descomposición de los residuos vegetales y existen pocos estudios concernientes a la descomposición de la materia orgánica en el horizonte húmico y mineral del suelo (Wicklow & Yokom 1981; Deacon 1985).

Se plantea que, debido al origen y composición (cuali - cuantitativa) del aporte de materia orgánica al suelo entre diferentes bosques de *Nothofagus*, existirían cambios en la estructura de la comunidad de los microhongos celulolíticos en el suelo, lo que sería reflejado en la actividad enzimática de la celulosa.

Los objetivos de este trabajo son a) medir la actividad celulolítica total de cada uno de los

suelos muestreados en bosques prístinos de *Nothofagus* de Tierra del Fuego y de cada una de las especies aisladas, b) caracterizar en base a la frecuencia de las especies celulolíticas los suelos de los distintos bosques de *Nothofagus* en Tierra del Fuego y c) establecer el efecto del disturbio en bosque experimental en la comunidad de los hongos del suelo del bosque de lenga (*Nothofagus pumilio*).

MATERIALES Y METODOS

El muestreo se realizó en el mes de febrero de 1996, en distintas zonas boscosas del *Nothofagus* de Tierra del Fuego (Tabla I). De cada una de ellas se tomaron 4 muestras del horizonte superficial a una profundidad de 8 cm en forma estéril, formando así, para cada zona, una muestra compuesta del mismo (Litosoles o Criotents líticos; U.S.D.A. 1960 y FAO 1968): Las muestras fueron conservadas en frío hasta su procesamiento en el laboratorio.

AISLAMIENTO DE LAS ESPECIES CELULOLITICAS

Cada muestra de suelo se lavó en un aparato de lavado (Bissett & Widden 1972), con el objeto de obtener sólo las especies que crecen vegetativamente en el suelo, luego de 30 lavados con agua estéril se transfirieron las partículas de suelo a caja de Petri con papel de filtro estéril, dejándolas secar a temperatura ambiente (25 °C) durante 48 horas.

Se sembraron 40 partículas de cada lugar (4 partículas por caja) en placas de Petri que contenía un medio selectivo con sales y cuya única fuente de carbono es la carboximetilcelulosa (Magnelli *et al.* 1997). Se incubó a temperatura ambiente (25°C) hasta el desarrollo de las colonias (2 semanas).

Las cepas obtenidas se sembraron en agar malta al 2% y posteriormente en los medios necesarios (agar papa glucosado, Czapek, agar malta) para su identificación. Las cepas fueron incorporadas a la colección de cultivos de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, U. B. A. (BAFC), Argentina.

TABLA I: Ubicación y características de los bosques prístinos de *Nothofagus* muestreados en Tierra del Fuego. Registros de precipitaciones y temperaturas. Características físico-químicas de los suelos. (Godeas *et al.* 1993).

Tipo de bosque	Bosque de ñire	Bosque de lenga sin disturbio	Bosque de guindo	Bosque de lenga disturbado
Especie arbórea	<i>Nothofagus antarctica</i>	<i>Nothofagus pumilio</i>	<i>Nothofagus betuloides</i>	<i>Nothofagus pumilio</i>
Ubicación	54°22'S, 67°20'W	54°45'S, 67°45'W	54°55'S, 67°05'W	54°35'S 67°25'W
Localidad	Ea María Cristina	Lag. Victoria	Ea Moat	Termas de Río Valdez
Pendiente	N-S 2,8° y 2,75° E-W.	N-S 11,3 - 12° y 3° E-W	10,3°NNW-SSE	-----
Cobertura del suelo	Hojarasca y gramíneas +++	Madera y escasa hojarasca +	Madera y abundante hojarasca ++	Abundante hojarasca ++
Tipo de humus	mull	moder	mor	moder
pH	5 - 6	4,5 - 6	3,5 - 6	4,5 - 6
C/N	11 - 15	21 - 25	20 - 40	21 - 25
Precipitaciones en mm (estación cálida)	167,4	276	252,6	167,4
Temperaturas (°C)	4,52	5,13	6,3	4,52

DETERMINACION DE LA EFICIENCIA CELULOLITICA ESPECIFICA Y DE CADA SUELO

Las cepas obtenidas se sometieron al test de celulólisis (Magnelli *et al.* 1997). Cada una se sembró en tubo de ensayo de 20 mm de diámetro que contenía 15 mL de medio Na CMC (con carboximetilcelulosa sódica).

Los tubos se incubaron 20 días a 25°C después de lo cual se obtuvo un cilindro del cultivo con un sacabocados de 5mm de diámetro.

Los cilindros debidamente identificados se colocaron en una canastilla dividida en celdas para su revelado. Para ello se sumergió el material en una solución acuosa de Rojo Congo al 0.1%, durante 1 minuto 30 segundos, se lavó con una solución de Cl Na 1M y se enjuagó con solución de ácido acético 5% a fin de acentuar el contraste.

Cada cilindro fue observado bajo lupa midiéndose la distancia del inóculo al frente de crecimiento (cm) y al frente de hidrólisis de la celulosa (cm). Con los valores obtenidos se calculó el índice de eficiencia (EC) para cada especie como el cociente entre el frente de hidrólisis y el frente de crecimiento. Se calculó

la eficiencia celulolítica total de cada suelo (S EC x frecuencia de cada especie). Las diferencias entre suelos fueron sometidas a un análisis estadístico con ANOVA para discriminación de los mejores tratamientos a un nivel de significancia $p < 0.05$.

ANALISIS DE LAS COMUNIDADES

Con los valores de frecuencia obtenidos se realizó un ordenamiento utilizando el método de componentes principales (Kenkel & Booth 1992) a fin de establecer la afinidad de las distintas comunidades celulolíticas.

RESULTADOS AISLAMIENTOS DE LAS ESPECIES CELULOLITICAS

Se aislaron 20 taxas en los 4 suelos de bosque de *Nothofagus* estudiados (Tabla II), que se distribuyen como sigue: algunas son exclusivas de uno de los sitios de estudio; para el bosque de *N. betuloides*, *Acremonium* sp., *Alternaria*

tenuissima (Kunze ex Pers.) Wilts, *Alternaria* sp., *Penicillium* 2; para el bosque de *N. pumilio* disturbado *Alternaria alternata* (Fr.) Keissler, *Mucor hiemalis* Wehmer, *Tolypocladium cylindrosporium* Gams, *T. inflatum* Gams y *Pseudochromelosporium terricola* Martínez & Godeas y para el de *N. antarctica*, *Doratomyces nanus* (Ehrenb. ex Link) Morton & G. Sm., *Humicola grisea* Traaen, *Mortierella vinacea* Dixon-Stewart y *Penicillium* 1. Las especies comunes a los 4 sitios de muestreos fueron: *Humicolopsis cephalosporioides* Cabral & Marchand, *Mortierella ramanniana* var. *autotrophica* E.H. Evans y *Trichoderma polysporum* (Link ex Pers.) Rifai esta última con valores de frecuencia muy altos.

Con respecto a las comunidades fúngicas celulolíticas de los bosques de *Nothofagus* se observa que el bosque correspondiente a *N. antarctica* es donde hubo una mayor cantidad de aislamientos (46) y la mayor frecuencia de aislamientos por partícula (1,15) seguido por el bosque de *N. pumilio* con y sin disturbio (0,97 y 0,95). En el bosque de *N. pumilio* disturbado y en el bosque de *N. betuloides* se encuentran los mayores valores de diversidad específica por muestreo (12 y 9) y la mayor diversidad específica por partícula (0,86 y 0,74). De los tres bosques no disturbados el correspondiente al bosque de ñire (*N. antarctica*) es el que tiene todos los parámetros mas altos.

TABLA II: Frecuencia de aparición de las especies celulolíticas en bosques prístinos de *Nothofagus*, Tierra del Fuego.

TAXA	Bosque de <i>N. pumilio</i> con disturbio	Bosque de <i>N. antarctica</i>	Bosque de <i>N. pumilio</i> sin disturbio	Bosque de <i>N. betuloides</i>
<i>Acremonium</i> sp.				2,5
<i>Alternaria alternata</i> (Fr.) Keissler, 1912.	2,5			
<i>Alternaria tenuissima</i> (Kunze ex Pers.) Wilts., 1933.				2,5
<i>Alternaria</i> sp.				5
<i>Chaetomium dolychotrichum</i> Ames, 1945.	2,5		5	
<i>Cylindrocarpon didymum</i> (Hartig) Wollenw., 1926.	2,5	7,5		2,5
<i>Doratomyces nanus</i> (Ehrenb. ex Link) Morton & G. Sm., 1963.		2,5		
<i>Humicola grisea</i> Traaen, 1914 var. <i>grisea</i>		7,5		
<i>Humicolopsis cephalosporioides</i> Cabral & Marchand, 1976.	2,5	15	5	7,5
Micelio estéril	2,5			
<i>Mortierella ramanniana</i> var. <i>angulispora</i> (Naumov) Linnem., 1941.	10	2,5		
<i>Mortierella ramanniana</i> var. <i>autotrophica</i> E. H. Evans, 1971.	7,5	15	2,5	40
<i>Mortierella vinacea</i> Dixon-Stewart, 1932.		5		
<i>Mucor hiemalis</i> Wehmer, 1903 f. <i>hiemalis</i>	37,5			
<i>Penicillium</i> 1		2,5		
<i>Penicillium</i> 2				2,5
<i>Tolypocladium cylindrosporium</i> Gams, 1971.	5			
<i>Tolypocladium inflatum</i> Gams, 1971.	5			
<i>Trichoderma polysporum</i> (Link ex Pers.) Rifai, 1969.	15	57,5	82,5	12,5
<i>Pseudochromelosporium terricola</i> Martínez & Godeas, 1997.	5			

EFICIENCIA CELULOLITICA DE LAS ESPECIES

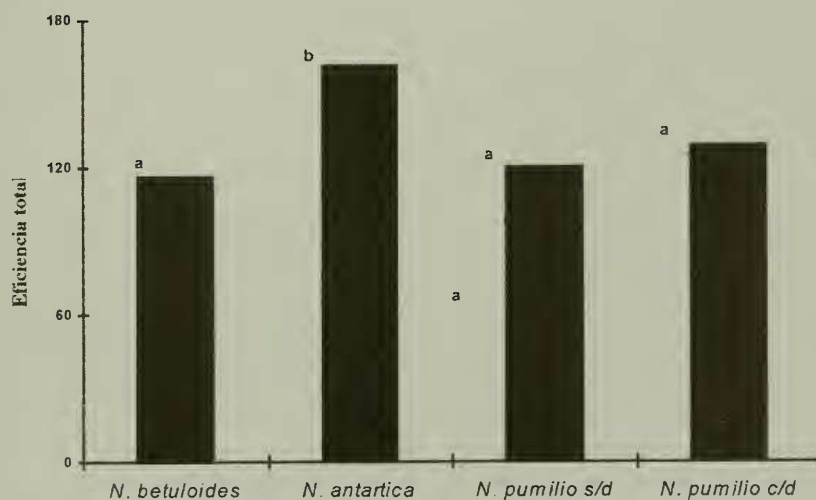
La Tabla III muestra los resultados obtenidos con el test celulolítico, los valores de crecimiento en profundidad del micelio son variables siendo el menor valor el correspondiente a *Acremonium* sp (0,4 cm) y el mayor a *P. terricola* (4,1 cm). La mayoría de las especies (8/20) tienen valores de crecimiento

comprendidos entre 1,4 y 1,9 cm.

De las especies analizadas (8 especies/20) tienen entre 1-1,5 de eficiencia (Tabla III). Las otras están distribuidas en los distintos rangos establecidos. Sin embargo, la eficiencia total celulolítica de los suelos muestra algunas diferencias (Figura 1), siendo mayor el valor del bosque de *N. antarctica*, dado el aporte celulósico de las gramíneas que crecen en la superficie del suelo (Dighton, 1997).

TABLA III: Crecimiento (cm), disolución (cm) y eficiencia de las especies de hyphomycetes celulolíticos aisladas en suelos de bosque de *Nothofagus*, Tierra del Fuego.

TAXA	Crec. \pm D.S.	Dis. \pm D.S.	E = Dis. / Crec.
<i>Alternaria alternata</i> (Fr.) Keissler	2,800 \pm 0,245	3,240 \pm 0,313	1,15
<i>Alternaria tenuissima</i> (Kunze ex Pers.) Wilts.	1,660 \pm 0,207	3,400 \pm 0,122	2,05
<i>Chaetomium dolychotrichum</i> Ames	1,160 \pm 0,134	4,100 \pm 0,141	3,53
<i>Cylindrocarpon didymum</i> (Hartig) Wollenw.	2,420 \pm 0,259	3,320 \pm 0,164	1,37
<i>Doratomyces nanus</i> (Ehrenb. ex Link) Morton & G. Sm.	1,840 \pm 0,207	2,760 \pm 0,230	1,5
<i>Humicola grisea</i> Traaen var. <i>grisea</i>	2,360 \pm 0,288	3,800 \pm 0,122	1,61
<i>Humicolopsis cephalosporioides</i> Cabral & Marchand	1,140 \pm 0,167	3,080 \pm 0,179	2,7
<i>Mortierella ramanniana</i> var. <i>angulispora</i> (Naumov) Linnem.	1,860 \pm 0,055	2,960 \pm 0,055	1,59
<i>Mortierella ramanniana</i> var. <i>autotrophica</i> E. H. Evans	1,860 \pm 0,351	2,640 \pm 0,114	1,41
<i>Mortierella vinacea</i> Dixon-Stewart	1,480 \pm 0,277	3,340 \pm 0,152	2,25
<i>Mucor hiemalis</i> Wehmer f. <i>hiemalis</i>	3,00 \pm 0,354	4,560 \pm 0,167	1,26
<i>Tolypocladium cylindrosporium</i> Gams	1,860 \pm 0,152	1,860 \pm 0,152	1,00
<i>Tolypocladium inflatum</i> Gams	1,800 \pm 0,141	1,800 \pm 0,141	1,00
<i>Trichoderma polysporum</i> (Link ex Pers.) Rifai	3,640 \pm 0,114	3,720 \pm 0,084	1,03
<i>Pseudochromelosporium terricola</i> Martinez & Godeas	4,120 \pm 0,396	4,460 \pm 0,321	1,08
<i>Acremonium</i> sp.	0,400 \pm 0,141	3,260 \pm 0,270	8,15
<i>Alternaria</i> sp.	0,800 \pm 0,122	4,360 \pm 0,207	4,32
<i>Penicillium</i> 1	1,640 \pm 0,270	4,400 \pm 0,141	2,68
<i>Penicillium</i> 2	2,680 \pm 0,409	5,120 \pm 0,130	1,91
Micelio estéril	1,020 \pm 0,179	2,680 \pm 0,110	2,62

FIG. 1: Eficiencia total del suelo. Letras distintas indican diferencias significativas ($p=0.05$).

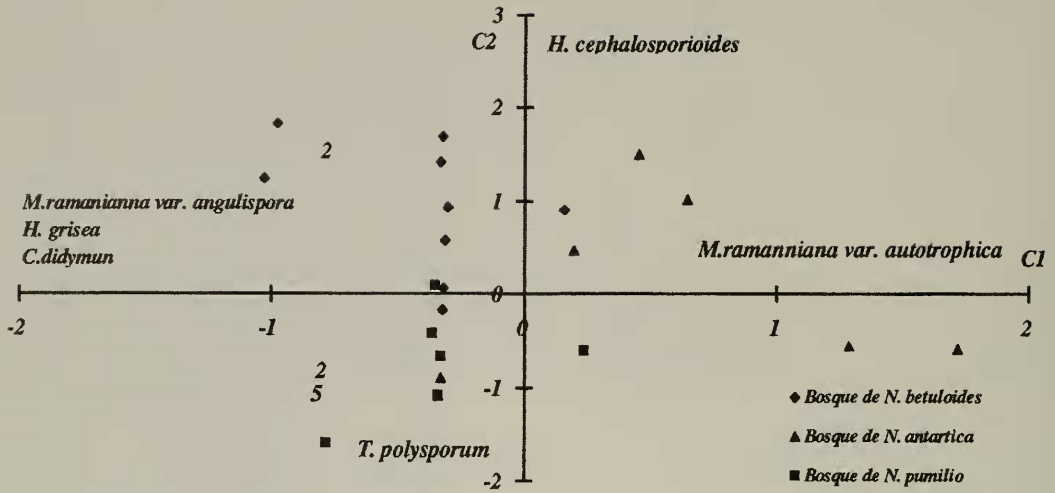


FIG. 2: Distribución de las muestras en el espacio de los componentes I y II para los bosques prístinos de *Nothofagus* de Tierra del Fuego.

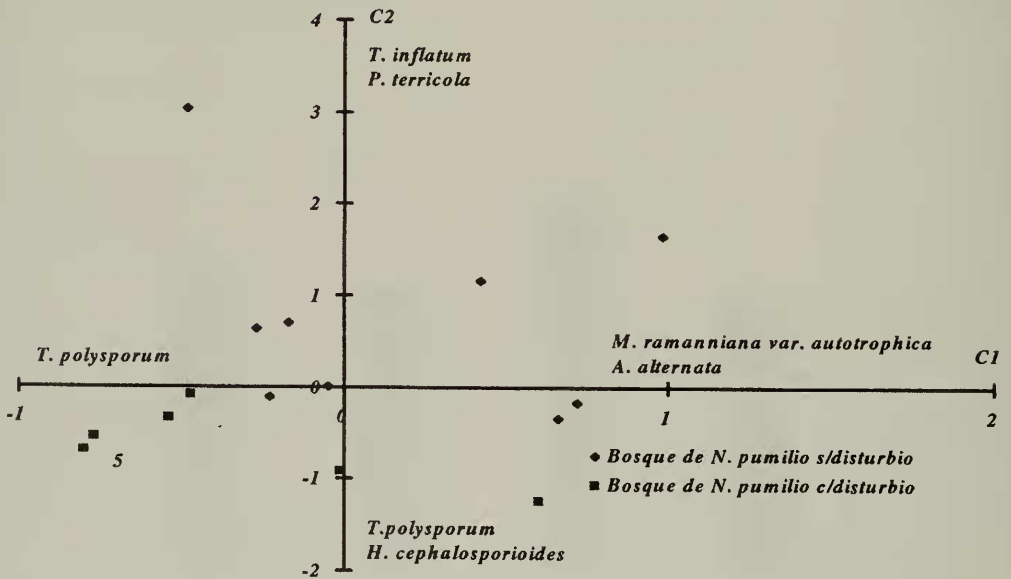


FIG. 3: Distribución de las muestras en el espacio de los componentes I y II para los bosques de lenga (*Nothofagus pumilio*) de Tierra del Fuego.

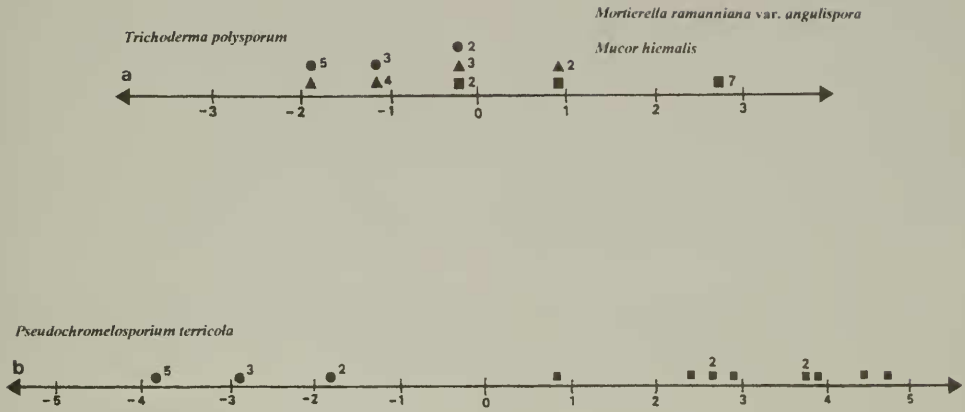


FIG. 4a: Análisis de la función discriminante de los datos de frecuencia de las especies celulolíticas de los bosques prístinos de *Nothofagus* de Tierra del Fuego. 4b. Análisis de la función discriminante de los datos de frecuencia de las especies celulolíticas de los bosques de lenga (*Nothofagus pumilio*) de Tierra del Fuego.

ANÁLISIS DE LAS COMUNIDADES

La Figura 2 muestra el análisis de los componentes principales para los bosques prístinos de *Nothofagus*. Los dos primeros componentes derivados del análisis efectuado sobre la matriz de frecuencias fúngicas (20 sp x 30 muestras) explicaron el 77.23 % de la variación entre las muestras en relación a las especies presentes y sus valores de frecuencia. El componente 1 muestra la segregación de 5 muestras del bosque de ñire (*N. antarctica*) en el sector positivo del eje. Está caracterizado por *Mortierella ramanniana* var. *autotrophica*. En el sector negativo del eje o bien cercano a 0 se distribuyen los censos del bosque de *N. betuloides* y *N. pumilio*, estas muestras están caracterizadas por la alta frecuencia de *Cylindrocarpon didymum* (Hartig) Wollenw., *Humicola grisea* y *M. ramanniana* var. *angulispora* (Naumov) Linnem.

Este componente está asociado con diferencias en la disponibilidad de la celulosa (material herbáceo en la superficie del suelo del bosque de *N. antarctica* vs. madera en la superficie del suelo del bosque de *N. pumilio* y *N. betuloides*).

El componente 2 asociado a la cantidad de hojarasca en la superficie del suelo muestra la

segregación de 19 muestras, 10 de las cuales corresponden al bosque de guindo (*N. betuloides*), que se ubican en el sector positivo del eje, caracterizado por *Humicolopsis cephalosporioides*, y 9 correspondientes al bosque de *N. pumilio* que se ubica en el sector negativo del eje que está caracterizado por *Trichoderma polysporum*.

Esta segregación fue analizada mediante análisis de discriminantes (AD) utilizando como variable de agrupamiento el tipo de bosque. Este análisis dio como resultado una función que explica el 100 % de la varianza total (Wilks' lambda=0.3146, $p < 0.05$) y estuvo asociada con *Trichoderma polysporum* (Figura 4a).

La clasificación general obtenida del análisis discriminante indica que el 63.3% de las muestras estuvieron clasificadas correctamente (Tabla IV). El porcentaje más bajo de clasificación se registró en el bosque de ñire (*N. antarctica*), lo que explica la dispersión de los censos (Figura 2).

La Figura 3 muestra el análisis de los componentes principales para dos bosques de lenga (*N. pumilio*) uno con disturbio (Termas de Río Valdez) y el otro sin disturbio (Lag. Victoria), los dos primeros componentes derivados del análisis efectuado sobre la matriz de frecuencias fúngicas (20 sp x 20 muestras) explicaron el 74.59 % de la

variación entre las muestras en relación a las especies presentes y sus valores de frecuencia. El componente 1 está caracterizado por *M. ramanniana* var. *autotrophica*, *A. alternata* y el componente 2 en el sector positivo del eje, por *Tolyopcladium inflatum* y *Pseudochromelosporium terricola* y en el sector negativo por *Trichoderma polysporum* y *Humicolopsis cephalosporioides*.

La combinación de ambos ejes permite separar al bosque de *N. pumilio* de acuerdo al grado de disturbio (la cantidad de hojarasca sobre el

bosque disturbado es mayor). Esta segregación fue analizada mediante análisis de discriminantes (AD) utilizando como variable de agrupamiento el disturbio, Figura 4b. Este análisis dio como resultado una función que explica el 100 % de la varianza total (Wilks' lambda=0.0814, $p < 0.01$) y estuvo asociada con *Pseudochromelosporium terricola*.

La clasificación general obtenida del análisis discriminante indica que el 100% de las muestras estuvieron clasificadas correctamente (Tabla V).

Tabla IV: Clasificación del análisis discriminante basado en los datos de hongos celulolíticos de los distintos tipos de bosque de *Nothofagus* de Tierra del Fuego usando el tipo de bosque como variable discriminante.

Grupo	% Clasificación correcta	Bosque de <i>N. antartica</i>	Bosque de <i>N. pumilio</i>	Bosque de <i>N. betuloides</i>
Bosque de <i>N. antartica</i>	30	3	5	2
Bosque de <i>N. pumilio</i>	80	2	8	0
Bosque de <i>N. betuloides</i>	80	2	0	8
Total	63,3	10	7	13

Tabla V: Clasificación del análisis discriminante basado en los datos de hongos celulolíticos de los distintos tipos de bosque de *Nothofagus pumilio* (con y sin disturbio) de Tierra del Fuego usando el disturbio como variable discriminante.

Grupo	Clasificación correcta %	Bosque de <i>N. pumilio</i> disturbado	Bosque de <i>N. pumilio</i> sin disturbio
Bosque de <i>N. pumilio</i> disturbado	100	10	0
Bosque de <i>N. pumilio</i> sin disturbio	100	0	10
Total	100	10	10

DISCUSION Y CONCLUSIONES

La especialización de los microorganismos en la degradación de la celulosa es beneficiosa desde el punto de vista ecológico, ya que el complejo enzimático se reprime en distintos puntos, cuando la concentración de azúcares fácilmente utilizables aumenta. Esto explica porque los organismos celulolíticos pueden utilizar un grupo importante de compuestos diferentes, colonizando simultáneamente varios sustratos, aún los presentes en bajas concentraciones (Lungdahl & Eriksson 1985); constituyendo esta capacidad el principal

determinante para competir saprofiticamente (Loockwood 1992; Loockwood & Folonow 1981).

El conocimiento de la velocidad de crecimiento y la actividad enzimática en conjunto permite inferir cual puede el rol de las distintas especies en la sucesión. El índice propuesto en este trabajo considera estos dos parámetros aunque no tiene en cuenta las interacciones positivas y negativas de la especie con el resto de la comunidad.

Las experiencias que se realizan en laboratorio en condiciones controladas, generalmente utilizan como sustrato CMC, celulosa amorfa o cristalina pura o en distintas mezclas, o

diversas fibras (rayon, celofán, papel de filtro) (Domsch & Gams 1969; Flanagan 1981).

Esto es una aproximación de lo que ocurre en la naturaleza ya que en ella esta actividad está afectada por un número importante de factores tales como la disponibilidad del sustrato, pH, composición mineral y disponibilidad de nutrientes que se refleja en cambios en la actividad celulolítica de una misma especie en distintos suelos (Lungdahl & Eriksson 1985).

Gillespie *et al.* 1988 han encontrado que en casos extremos, las especies que son muy activas en algunos suelos no lo son en otros, en los bosques de *Nothofagus* la variabilidad de los distintos aislamientos de una misma especie tanto en el crecimiento como en la celulólisis es baja.

La habilidad de descomponer celulosa en forma mas o menos eficiente ha sido usado para clasificar a los hongos en grupos ecológicos relacionados con el aprovechamiento del sustrato. Sin embargo la baja velocidad de hidrolizar celulosa no indica que la adaptación para crecer en celulosa sea pobre, ya que no sólo es importante la velocidad de celulólisis sino su relación con la producción de carbohidratos respirables necesarios para el crecimiento de determinada especie (Garret 1975).

Los hongos cuando crecen como quimioheterótrofos al ser expuestos a una variedad de sustratos exhiben un amplio grado de versatilidad en relación con la utilización del mismo. La calidad del sustrato y la producción de enzimas en relación con la fuente carbonada disponible es el determinante de la distribución de las especies con respecto al recurso (Dix & Webster 1995).

Diferentes microorganismos de distintos suelos tienen diferencias significativas en su capacidad de atacar residuos de plantas nativas (Dighton 1997). Así, el sistema descomponedor de celulosa, del bosque de *N. antartica* es mas eficiente, ya que ciela, el aporte generado por las gramíneas que crecen en la superficie del suelo. Este residuo ofrece mayor disponibilidad de sustrato facilmente aprovechable.

En nuestro estudio, la diversidad de especies celulolíticas es baja lo que es bastante frecuente en sitios con baja temperatura (Bunnell *et al.* 1980) y la composición y frecuencia específica de los hongos permite diferenciar los bosques prístinos de Tierra del Fuego.

En el bosque de *N. betuloides* (guindo) y el

de *N. pumilio* (lenga) la celulosa se encuentra formando parte de la madera y de la hojarasca que cae al suelo, por lo tanto no está facilmente disponible. En el de *N. betuloides* las hojas son coriáceas, perennes y de descomposición lenta, en cambio en el de *N. pumilio* las hojas son subcoriáceas y caducifolias, por lo tanto de mas fácil degradación. Esto establece las diferencias entre los dos suelo que se traduce en las diferencias de las comunidades celulolíticas.

El bosque de *N. antartica* tambien posee hojarasca y madera en la superficie del suelo pero además se encuentran gramíneas, que proveen de una fuente de celulosa fácilmente disponible. a la comunidad del suelo y establecen una gran diferencia en el grupo de hongos celulolíticos dominados por *T. polysporum* (Domsch & Gams 1969).

Al establecer un disturbio en el bosque, se establecen diferencias en el número de especies y frecuencias ya que existe un crecimiento compensatorio de las especies resistentes al disturbio (Tilman 1996), que permiten separar los dos bosques de *Nothofagus pumilio* en base a los hongos celulolíticos del suelo.

AGRADECIMIENTOS

Al CONICET y a los directores de la Flora Criptogámica de Tierra del Fuego, que hicieron posible la realización de este estudio.

BIBLIOGRAFIA

- BISSETT, J. & P. WIDDEN. 1972. An automatic multichamber soil washing apparatus for removing fungal spores from soil. *Canad. J. Microbiol.* 18: 1399-1404.
- BUNNELL, F.L., O.K. MILLER, P.W. FLANAGAN & R.E. BENOIT. 1980. Tundra microflora: composition, biomass and environmental relations. In: *An Arctic ecosystem: The coastal tundra of Northern Alaska*. Editors: J. Brown, J., L. Tretzen & F. L. Bunnell. Dowden, Hutchinson & Ross. Stroudsburg, Pennsylvania. EE.UU. 123 - 138 pp.
- COOKE, R.C. & J.M. WHIPPS. 1993. *Ecophysiology of fungi*. Blackwell Scientific Publications. Londres. 337 pp.
- DEACON, J. W. 1979. Cellulose decomposition by *Pythium* and its relevance to substrate-groups of fungi. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 72: 469-477.
- DEACON, J. W. 1985. Decomposition of filter paper cellulose by thermophilic fungi acting singly, in combination, and in sequence. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 85: 663-669.

- DIGHTON, J. 1997. Nutrient cycling by saprotrophic fungi in terrestrial habitats. The Mycota IV. Environmental and microbial relationships. K. Esser & P.A. Lemke. Springer-Verlag. Berlin. pp: 227-280.
- DIX, N. J. & J. WEBSTER. 1995. Fungal ecology. Chapman & Hall. Londres. 549 pp.
- DOMMERGES, J. & F. MANGENOT. 1970. Ecologie Microbinne du sol. Masson et Cie. Editeurs. 437 pp.
- Domsch, K. H. & W. GAMS. 1969. Variability and potential to decompose pectin, xylan and carboxymethyl cellulose. Soil Biol. & Biochem. 1: 29-36.
- EENARI, T.M. & P. MARKKANEN. 1977. Production of cellulolytic enzymes by fungi. Adv. Biochem. Enz. 5: 1-24.
- FAO. Unesco 1968. Definitions of soil units for the soil map of the world. Report N° 33 Roma. 108 pp.
- FLANAGAN, P.W. 1981. Fungal taxa, physiological groups and biomass: a comparison between ecosystems. The fungal community. Wicklow, D.T. & G. C. Carroll. Marcell Dekker. Nueva York. pp: 569-592.
- GARRET, S.D. 1975. Cellulolysis rate and competitive saprophytic colonisation of wheat straw by foot-rot fungi. Soil Biol. Biochem. 7: 323-327.
- GILLESPIE, J., P.M. LATTER & P. WIDDEN. 1988. Cellulolysis of cotton by fungi in three upland soils. Cotton Strip assay: An Index of decomposition in soils. A. F. Harrison, P. M. Latter & D.W. H. Walton. Institute of terrestrial ecology. Grange-over-Sands. England. pp: 60-67.
- GODEAS, A.M., A.M. ARAMBARRI & I.J. GAMUNDI. Micosociología en los bosques de *Nothofagus* de Tierra del Fuego. I. Diversidad, abundancia y fenología. Anal. Acad. Nac. Cs. Ex. Fis. Nat., tomo 45: 291 - 302 pp.
- KENKEL, N.C. & T. BOOTH. 1992. Multivariate analysis in fungal ecology. The fungal community, D.T. Wicklow & G. C. Carroll. Marcell Dekker. Nueva York. pp: 209-228.
- KJOLLER, A., M. MILLER, S. STRYWE, V. WOLTERS & A. PLUG. 2000. Diversity and role of microorganisms. En: Schulze ED. (ed.) Carbon and nitrogen cycling in European forest ecosystems: Springer-Verlag. Berlín, Germany. pp: 382-402.
- LOOCKWOOD, J. L. 1992. Exploitation competition. The fungal community. D.T. Wicklow & G. C. Carroll. Marcell Dekker. Nueva York. pp: 243-263.
- LOOCKWOOD, J. L. & A.B. FOLONOW. 1981. Responses of fungi to nutrient-limiting conditions and to inhibitory substances in natural habitats. Adv. in Microbial Ecol. 5: 1-61.
- LLUNGHDHAL, L.G. & K.E. ERIKSSON. 1985. Ecology of microbial cellulose degradation. Adv. in Microbial Ecol. 8: 237-99.
- MAGNELLI, P., A.E. MARTÍNEZ & O. MERCURI. 1997. Método simple para determinar actividad celulolítica en hongos. Rev. Arg. Microb. 29 (4): 210-214.
- NEVALAINEN, H. & M. Penttilä. 1995. Molecular Biology of cellulolytic fungi. The Mycota II. Genetics and Biotechnology. K. Esser & P. A. Lemke. Springer Verlag. Berlin. pp: 303-320.
- OHTONEN, R., S. AIKIO & H. VARE. 1997. Ecological theories in soil biology. Soil Biol. Biochem. 29: 1613-1619.
- SIU, R.G.H. 1951. Microbial decomposition of cellulose. Reinhold. Nueva York. 348 pp.
- TILMAN, D. 1996. Biodiversity: population versus ecosystem stability. Ecology 77: 350-363.
- UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE SOIL SURVEY STAFF, 1960. Soil Classification, a comprehensive system. 7th Approximation, Washington. 264 pp.
- WICKLOW, D.T. & D.H. YOKOM. 1981. Fungal species numbers and decomposition of rabbit faeces. Trans. Br. Mycol. Soc. 76: 29-32.